

345 kV GIS AC 내전압 시험의 UHF 부분방전 검출기술 적용

박기준, 구순근, 윤진열, 정길조  
 전력연구원 전력계통연구실 송변전기술그룹

Application of UHF partial discharge sensing technology  
 in AC withstand voltage test of gas-insulated switchgear

Kijun Park, Sun-geun Goo, Jin Yeol Yoon, Kil Jo Jung  
 Power System Laboratory, Korea Electric Power Research Institute, Taejeon, 305-380 Korea

**Abstract** - GIS(Gas insulated switchgear)내부에서 발생한 부분방전 신호를 검출 할 수 있는 UHF(Ultra-high frequency) 부분방전 검출 센서를 345 kV GIS의 AC 내전압 시험에 적용하였다. 부분방전 센서를 적용한 상태에서 각 상별로, bus별로 나누어 계통 최고전압의 1.0 p.u, 1.5 p.u, 1.73 p.u 전압을 단계적으로 인가하였으며 간헐적으로 부분방전 신호가 검출됨을 확인하였다. 간헐적인 부분방전 신호는 GIS 내부에 있던 이물질에서 약한 방전이 시작되고 인가전압을 높임에 따라 방전의 강도가 증가하다 소멸되었다. 방전을 일으킨 이물질이 모두 증발되었거나 위치 변화에 의해 방전이 소멸된 것으로 판단된다.

기 및 데이터 취득장치를 이용하면 GIS에서 발생하는 부분방전현상의 검출이 가능하다.

2.2 UHF 부분방전 검출센서 및 측정장치

UHF 부분방전 센서는 GIS 내부에 취부하는 내장형(그림1)과 barrier(spacer) 외부에 취부하는 외장형(barrier type, 그림 2), 투명 점검창에 취부하는 외장형(window type)으로 나눌 수 있다. 내장형은 GIS chamber 내부에 취부되므로 외장형에 비해 외부잡음 차단에 유리한 반면 일반적으로 GIS 신규 제작시 취부해야하고 센서 전용 hatch를 구비해야하는 등의 불리한 점이 있다. 외장형은 내장형이 갖는 문제점들은 없으나 외부잡음에 대해 상대적으로 취약하고, GIS 내부신호취득에서 상대적으로 불리하며, 미관측면에서도 불리한 편이다. 따라서, 신설 GIS는 내장형을 기본으로, 기설 GIS는 외장형을 기본으로 취부하는 것이 일반적인 추세이다.

1. 서 론

새로 건설된 345 kV 변전소에 설치된 GIS (Gas insulated switchgear)는 설치완료 후 운전에 앞서 AC 내전압 시험과 impulse 시험을 하게된다. 변전소에 설치된 345 kV GIS의 현장설치 완료후 이루어진 AC 내전압시험 과정에 UHF 기술을 이용한 부분방전 검출 기술을 도입하였다(1). 변전소에 설치된 345 kV GIS 전체를 시험하기 위해 3일간에 걸쳐 외장형 및 내장형 UHF 부분방전검출 센서를 적용한 상태에서 4개 bay씩 각 상별로, bus별로 나누어 전압을 인가하였다. AC 내전압 시험에는 계통최고전압의 1.0 p.u, 1.5 p.u, 1.73 p.u 전압을 단계적으로 인가한다. 내장형 UHF 센서는 GIS 제작시 내부에 취부되었으며 외장형 UHF 센서는 bay 도는 bus의 barrier(spacer)에 장착되었다.

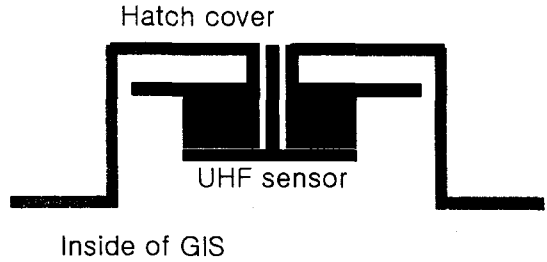


그림 1. A type of UHF partial discharge sensor for internal GIS use.

2. 본 론

2.1 UHF 부분방전 검출기술

GIS 내부에 어떤 이유로 인해 결함이 존재할 경우 운전시간이 증가함에 따라 이 결함에 의해 절연열화가 진전되는 것이 일반적인 현상이다. 대부분의 결함은 시간이 경과하면서 절연열화정도가 진행되고 결국은 섬락사고로 이어지게 된다. 절연열화과정에서 대부분의 경우 부분방전 현상을 수반하게 된다. 다른 진단기법과 마찬가지로 UHF 부분방전 검출 기법도 사고로 이어지기 전에 부분방전 현상을 운전자가 인지하기 위한 기술이다.

GIS 내부에서 부분방전이 발생하게 되면, 고주파 전압과 전류, 음향신호, 빛, 분해가스, 전자파 방사현상 등을 수반하게 된다. UHF 기술은 전자파 검출법의 한 방법으로서 UHF 대역의 안테나 센서를 GIS에 내장 혹은 외장하여 부분방전 현상을 검출한다. 부분방전에 의해 발생하는 전자파는 주파수 대역이 수 - 수십 GHz 대역의 초고주파에 이르기까지 광대역에 걸쳐서 분포한다. 이들 전자파는 GIS chamber 내부에서 다양한 종류의 공진현상을 일으키며 수백-수천 ns 동안 지속되는 현상을 보인다. 따라서, 적당한 안테나-센서와 증폭

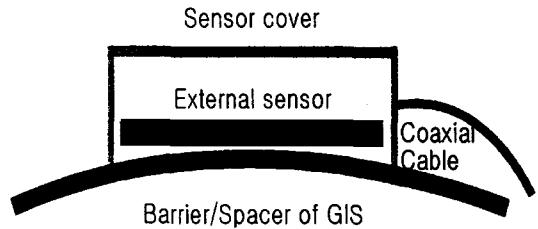


그림 2. A type of external UHF partial discharge sensor for dielectric barrier (spacer) side use.

센서에서 검출된 부분방전신호는 직접 또는 통과대역폭이 4 GHz인 20 dB preamplifier에서 증폭되어 analog bandwidth 1 GHz 이고 4 channel 동시 sampling rate가 5x10<sup>9</sup> samples/s인 오실로스코프에서 기록된다. 또한 가압시험 중 연속적인 변화를 보기 위하여 휴대형 peak detection recorder를 이용하였다. 설치된 센서는 저손실 발포PE절연 동축선을 이용하여 측정장치로 연결되었다.

### 2.3 내-외장센서의 비교

그림 3은 가압 후 내장형 및 외장형 센서로부터 측정된 부분방전신호를 AC line trigger 하여 일정시간 동안 오실로스코프에 적층하여 얻은 envelope이다. 두 센서는 비교적 가까운 곳에 설치되어 있었으며 내장형 센서로부터 측정된 신호의 크기가 약 5-6 배 크게 측정되었다.

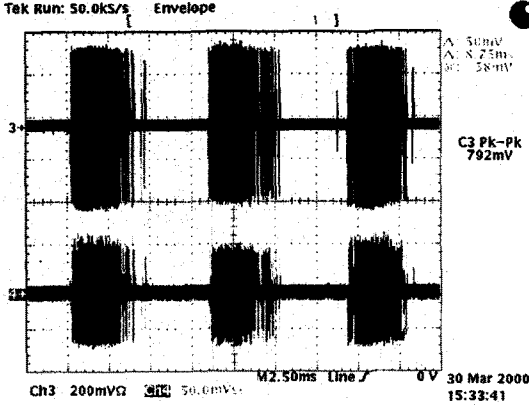


그림 3. Envelopes of partial discharge pulses detected from internal (upper trace) and external (lower trace) sensors. The internal sensor produces 5 times stronger amplitude.

그림 4는 서로 다른 장소에 위치한 4개의 외장형센서에서 검출된 신호의 오실로스코프 파형이다. 2번 및 3번 파형은 전형적인 부분방전신호의 파형이며 2번 파형이 3번파형보다 약 30 ns 늦게 포착되었다. 이때 발생한 부분방전은 #1 bus와 75 bay C 상 근처에서 발생한 것이라 추측되며 이 신호는 잠시 지속되다가 점압을 올리면서 소멸되었다. 4번 파형은 변전소공간(외부)에 위치한 외부잡음 센서의 파형이다.

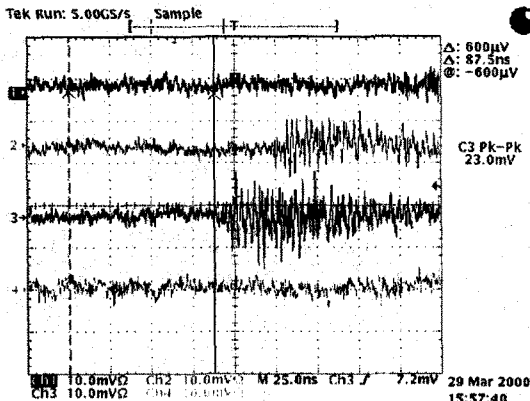


그림 4. Oscilloscope traces of partial discharge signals from external sensors. Sensors are attached at bay 76C (1), bay 75C (2), bus #1 (3), and open field (4).

### 2.4 Floating electrode, corona에 의한 부분방전

그림 5는 A상에 210 kV의 전압을 인가했을 때 #2 bus (71-74 bay)에 설치된 센서에서 검출된 부분방전신호의 3차원 그래프이다. 그림의 x-축은 시간진행 (cycle)이고, y-축은 전압의 위상 (degree)이고, z-축

은 신호의 강도 (amplitude)이다. 시간 경과 및 위상에 대한 신호의 크기를 보면 전형적인 floating electrode에서 발생된 신호라 생각되며 그 크기는 매우 작다. 그림 6은 그림 5의 신호를 위상 및 시간경과에 대해 2차원 분포로 나타낸 것이다. 전형적인 floating electrode에 의한 부분방전 신호임을 알 수 있다. 이 부분방전 신호는 곧 소멸되었으며 GIS 내부에 존재하던 미미한 이물질이 증발하여 소멸되었거나 안정된 위치로 이동되었기 때문으로 생각된다.

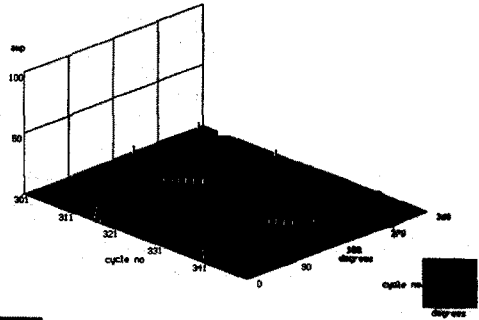


그림 5. Phase cyclic diagram of partial discharge amplitudes detected from a sensor attached at #2 bus (71-71 bay). Applied voltage was 210 kV.



그림 6. 2-dimensional phase cyclic diagram of partial discharge shown in Figure 5. Resembles a typical partial discharge generated from floating electrodes.

그림 7은 인가전압 200 kV 일때의 78 bay 의 A상에 설치된 센서에서 검출된 부분방전 신호를 3차원으로 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 큰 방전신호와 작은 방전신호가 함께 검출되었으며 작은 신호는 센서에서 비교적 멀리 떨어진 곳에서 발생된 신호이고 큰신호는 센서 근처에서 발생된 것이라 생각된다. 그림 8은 2종의 부분방전신호가 동시에 발생하는 것을 오실로스코프로 enveloping 한 파형이다. 그림의 가운데 파형(3)은 위(2) 또는 아래(4)에서 보인 파형과 함께 좀더 장기간 지속되는 부분방전 신호를 함께 보이고 있다. 이 신호들은 인가전압이 210 kV에 도달한 직후 소멸되었다.

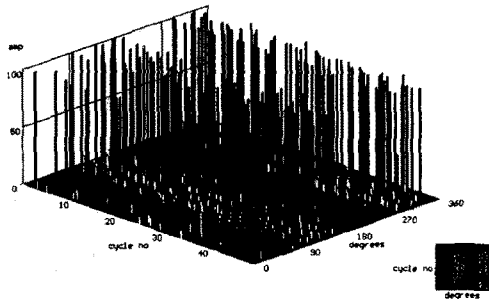


그림 7. Typical multiple partial discharge signal detected at sensor attached on bay 78A. Applied voltage was 200 kV.

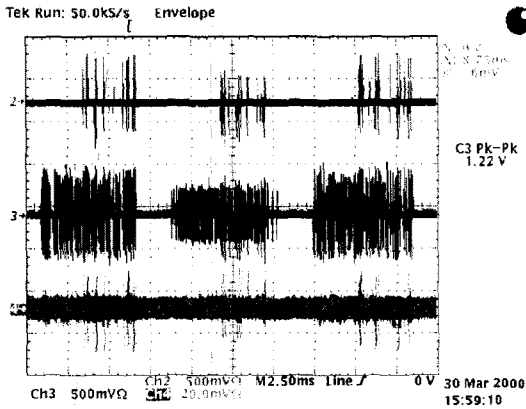


그림 8. Envelopes of partial discharge signals from internal sensors at GIS bushing (upper trace) and bus (middle trace) and open field (lower trace). Similar envelopes between upper and lower indicates externally generated signals penetrate through the bushing of the GIS.

그림 9는 내전압시험 중 발생했던 부분방전신호의 생성, 확대 그리고 소멸의 일례이다. 그림의 x-축은 1 주기 (cycle) 의 위상이고 y-축은 시간 (cycle number) 으로서 210 주기 즉 3.5 초 동안의 신호 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 전압이 - 또는 + peak 근처 일 때 신호가 나타나기 시작하였으며 - 와 + peak 양쪽으로 확대되었다 갑자기 소멸되었다. 앞서 지적한 것과 같이 GIS 내부에 있던 이물질에서 약한 방전이 시작되고 방전의 강도가 증가하다 모두 증발되었거나 위치이동에 의해 방전이 소멸된 것으로 판단된다. 특히 측정도중 77 bay C상 #2 bus 부근에서 부분방전 신호가 지속적으로 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 가압후에 이 부분에 대한 지속적인 관리가 필요함을 알 수 있다.

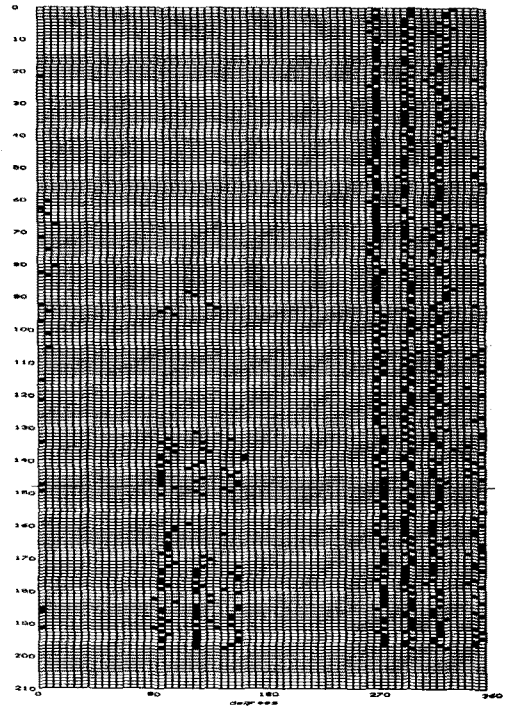


그림 9. Phase cyclic partial discharge signal for period of 3.5 s.

### 3. 결 론

의령변전소 345 kV GIS 현장설치 완료 후 AC 내전압시험 과정에서 부분방전 측정을 시행한 결과 약 1.0 p.u 전압에서 부분방전 신호가 나타났다가 소멸되는 현상이 수 회 측정되었으며, 이것을 통해 GIS의 conditioning 과정을 직접 확인할 수 있었다. 측정도중 77 bay C상 #1 bus 부근에서 부분방전 신호가 지속적으로 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 운전시 이 부분에 대한 지속적인 관리가 필요하다. UHF 부분방전 검출기술로서 GIS 준공시 시행하는 AC 내전압시험 과정에서 나타나는 내부이상을 검출할 수 있음을 확인할 수 있었으나 기술적 측면에서, 측정장비 측면에서 보완해야 할 점이 발견되었다. 이러한 사항들은 추후 개선될 수 있을 것으로 전망된다.

### (참 고 문 헌)

- [1] 구선근, 윤진영, 박기준, GIS 부분방전 검출기술연구 1차년도 중간 보고서, 전력연구원 TM.98PJ04.M2000.166, 2000, 4.